

Helsinki 17.9.2003

10/519482

PCT/FI/03/00536

REC'D 07 OCT 2003

W.P.O

PCT

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Nokia Corporation
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20021317

Tekemispäivä
Filing date

04.07.2002

Kansainvälinen luokka
International class

H04B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Signaalinkäsittelymenetelmä ja vastaanotin"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Marketta Tehikoski
Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

BEST AVAILABLE COPY

Signaalinkäsittelymenetelmä ja vastaanotin

Ala

Keksintö liittyy tietoliikennejärjestelmiin ja niissä käytettäviin menetelmiin ja vastaanottimiin signaalin käsittelemiseksi.

5 Tausta

Tietoliikennejärjestelmissä useista eri tekijöistä, kuten monitie-etenemisestä, lähetettyjen signaalien häipymisestä, varjostumasta, lähi-kauko-ongelmasta ja saman kanavan häiriöstä, johtuvat nopeat, impulsiiviset häiriöt vaikuttavat vastaanotettujen signaalien laatuun. Impulssit häiritsevät tietoliikennejärjestelmissä käytettäviä signaalinkäsittelymenetelmiä, minkä seurauksena esimerkiksi vastaanotetun signaalin tehon estimoiminen voi epäonnistua.

Tehon estimointia käytetään radiojärjestelmissä esimerkiksi signaali-kohina -suhteen estimoimisessa, kynnystasojen asettamisessa ja automaattisessa vahvistuksensäädössä. Impulssit kuitenkin häiritsevät klassisia tehon estimointialgoritmeja ja voivat johtaa virheellisiin lopputuloksiin. Impulsiivisten häiriöiden poistaminen on usein edellytyksenä sille, että radiojärjestelmissä käytettävät vastaanottimet pystyvät toimimaan riittävällä tarkkuudella. Esimerkiksi vastaanottimissa käytettävissä FFT (Fast Fourier Transformation)-kaistanestosuodattimissa sopivan kynnystasoasetuksen löytäminen on tärkeää, koska

kaistanestosuodattimen suorituskyky riippuu huomattavan paljon oikeasta kynnystasoasetuksesta. Edelleen signaalien ja kohinan aliavaruuksien erottamisessa käytetään erilaisia häiriönvaimennusmenetelmiä, joissa aliavaruuksia erotellaan perustuen informaatioteoreettisiin kriteereihin, kuten Akaike ja MDL. Impulsiivisten häiriöiden poistamiseksi ovat tietoliikennejärjestelmissä yleistyneet ns. robustit eli säätöpainotteiset menetelmät. Tällaiset robustit menetelmät eivät ole herkkiä yksittäisissä havaintoarvoissa tapahtuville suurille muutoksille, kuten vastaanotetussa signaalissa esiintyville impulssimaisille häiriöille. Tunnetun tekniikan mukaisissa robusteissa menetelmissä hyödynnetään ns. järjestyssstatistiikkaa (order statistics), jonka perusajatuksena on, että muutujien arvojen perusteella järjestettyyn havaintojoukkoon liittyvillä ominaisuuksilla tunnistetaan ja eliminoidaan häiriöhavainnot. Eräs tunnetun tekniikan mukainen robusti menetelmä on ns. mediaanityyppinen suodatus. Tällaista tunnetun tekniikan mukaista tehon estimoinnissa käytettävää mediaani-tyyppistä suodatusta on kuvattu tarkemmin esimerkiksi julkaisussa C. Tepedelenlioğlu, N. Sidiropoulou, G. B. Giannakis, "Median Filtering For Power Estimation In

Mobile Communications Systems", Third IEEE Signal Processing Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications, Taoyuan, Taiwan, March 20-23, 2001, sivut 229 – 231.

Tunnetun tekniikan mukaisissa ratkaisuissa epäkohtana on kuitenkin se, että niiden impulssiensietokyky ei ole riittävän hyvä. Siten ne eivät sovellu hyvin esimerkiksi signaalien ja kohinan aliavaruuksien erottamiseen. Tunnetun tekniikan mukaisessa mediaani-tyyppisessä menetelmässä huonona puolena on se, että häiriösignaalista tarvitaan tietoa jo etukäteen, jotta oikeat häiriöimpulssit voitaisiin tunnistaa. Lisäksi mediaani-tyyppistä menetelmää on hankala toteuttaa käytännössä.

Lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on toteuttaa parannettu menetelmä ja menetelmän toteuttava vastaanotin siten, että vähennetään tunnettuun tekniikkaan liittyviä ongelmia. Tämän saavuttaa menetelmä signaalin käsittelemiseksi tietoliikennejärjestelmässä, jossa menetelmässä muodostetaan näytejoukko vastaanotetuista signaaleista ja muodostetaan itseisarvojoukko näytejoukon alkioiden itseisarvoista. Keksinnön mukaisessa menetelmässä A järjestetään itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen; B asetetaan kynnysarvo; C määritetään muodostettavan vertailujoukon alkioiden lukumäärä; D muodostetaan vertailujoukko, joka käsittää ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita nousevassa järjestyksessä; E lasketaan vertailuarvo kertomalla vertailujoukon keskiarvo tai mediaani kynnysarvolla; F verrataan vertailujoukon suurinta alkioita vertailuarvoon; G kasvatetaan vertailujoukon alkioiden lukumäärää uuden vertailujoukon muodostamista varten, kun vertailujoukon suurin alkio on pienempi kuin vertailuarvo; H toistetaan edellisiä vaiheita D - G, kunnes ennalta asetettu lopetusehto täyttyy ja I muodostetaan hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko poistamalla vertailujoukosta suurin alkio, kun ennalta asetettu lopetusehto täyttyy.

Keksinnön kohteena on myös vastaanotin, joka käsittää välineet muodostaa näytejoukko vastaanotetuista signaaleista ja välineet muodostaa itseisarvojoukko näytejoukon alkioiden itseisarvoista. Keksinnön mukainen vastaanotin käsittää välineet A järjestää itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen; B asettaa kynnysarvo; C määrittää muodostettavan vertailujoukon alkioiden lukumäärä; D muodostaa vertailujoukko, joka käsittää ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita suuruusjärjestyksessä; E laskea vertailuarvo kertomalla vertailujoukon keskiarvo tai mediaani kynnysarvolla; F ver-

- rata vertailujoukon suurinta alkioita vertailuarvoon; G kasvattaa vertailujoukon alkioden lukumäärää uuden vertailujoukon muodostamista varten, kun vertailujoukon suurin alkio on pienempi kuin vertailuarvo; H toistaa edellisiä vaiheita D - G, kunnes ennalta asetettu lopetusehto täyttyy; I muodostaa hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko poistamalla vertailujoukosta suurin alkio, kun ennalta asetettu lopetusehto täyttyy.

Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttiväitösten kohteena.

- Keksinnön mukaisella menetelmällä ja vastaanottimella saavutetaan useita etuja. Saavutetaan laskennallisesti tehokas ja yksinkertaisesti toteutettavissa oleva ratkaisu. Esitetyn ratkaisun etuja on myös se, että menetelmä toimii hyvin korkeilla impulssihäiriön frekvensseillä ja että häiriökaistanleveyttä voidaan kasvattaa. Menetelmällä on myös hyvä impulssien sietokyky: se toimii, vaikka jopa 90 prosenttia näytteistä olisi häiriöimpulsseja.

15 Kuvioluettelo

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuviossa 1 on esimerkki esitetyn ratkaisun mukaisesta tietoliikennejärjestelmästä,

- 20 kuviossa 2 on esimerkki esitetyn ratkaisun mukaisesta vastaanottimesta,

kuviossa 3 on lohkokaaavion muodossa esitetyn ratkaisun mukainen signaalin käsittelymenetelmä,

- 25 kuviossa 4 on lohkokaaavion muodossa esitetyn ratkaisun mukainen signaalin käsittelymenetelmä,

kuviossa 5 on lohkokaaavion muodossa esitetyn ratkaisun mukainen signaalin käsittelymenetelmä.

Suoritusmuotojen kuvaus

- Keksinnön edullisia toteutusmuotoja voidaan soveltaa tietoliikennejärjestelmissä, jotka käsittävät yhden tai useampia tukiasemia sekä joukon päätelaitteita, jotka kommunikoivat yhden tai useamman tukiaseman kanssa. Eräs tällainen tietoliikennejärjestelmä on laajakaistainen hajaspektritiedonsiirtoa käyttävä WCDMA-radiojärjestelmä. Seuraavassa toteutusmuotoja kuvataan käyttämällä esimerkkinä kuvion 1 mukaista radiojärjestelmää tähän kuitenkin rajoittumatta, kuten alan ammattimiehelle on selvää.

Tietoliikennejärjestelmän rakenne voi olla olennaisin osin kuvion 1 mukainen. Tietoliikennejärjestelmä käsittää tukiaseman 100, sekä joukon yleensä liikkuvia tilaajapäätelaitteita 102 – 106, jotka ovat kaksisuuntaisessa yhteydessä 108 – 112 tukiasemaan 100. Tukiasema 100 välittää päätelaitteiden 102 – 106 yhteydet tukiasemaohjaimelle 114, joka välittää ne edelleen järjestelmän muihin osiin ja kiinteään verkkoon. Tukiasemaohjain 114 ohjaa yhden tai useamman tukiaseman toimintaa. Tukiasemaohjain 114 valvoo radio-signaalin laatua, lähetystehoa ja huolehtii liikkuvan aseman siirtymisistä solusta toiseen (handover). Radioliikenteen lähettämiseksi ja vastaanottamiseksi tarvittavan elektroniikan lisäksi tukiasema 100 käsittää myös signaaliprosessoreita, ASIC –piirejä ja yleisprosessoreita, jotka hoitavat tiedon siirron tukiasemaohjaimelle 114 sekä ohjaavat tukiaseman 100 toimintaa. Tukiasemassa 100 voi olla yksi tai useampia lähetin/vastaanotinyksiköitä. Esitetyn ratkaisun mukainen vastaanotin voidaan sijoittaa joko tukiaseman 100 tai myös liikkuvien tilaajapäätelaitteiden 102 – 106 yhteyteen.

Kuviossa 2 on esimerkki keksinnön erään toteutusmuodon mukaisesta vastaanottimesta 200. Vastaanotin käsittää A/D-muuntimen 202, signaalinkäsittelylohkon 204, sovitetun suodattimen 206 sekä ohjausyksikön 208. Vastaanotin voi käsittää myös muita vastaanottimen toimintoja toteuttavia välineitä, kuten esimerkiksi puhe- ja kanavakooderit, modulaattorit ja RF-osat. Lisäksi laite käsittää antennin 201, jota käyttäen signaaleja lähetetään ja vastaanotetaan.

Kaikkia vastaanottimen 200 toimintoja ohjaa ohjausyksikkö 208, joka on tyypillisesti toteutettu mikroprosessorin ja ohjelmistojen tai erillisten komponenttien avulla. A/D-muunnin 202 muuttaa vastaanottimen 200 vastaanottaman jatkuva-aikaisen signaalin digitaaliseen muotoon. Sovitettu suodatin 206 on erityinen suodatin, joka on sovitettu päästämään läpi vain haluttu signaali vähäisellä signaalin vaimentumisella ja estämään kaikki muut aalto-muodot (mukaan lukien kohina). Ennen sovitettua suodatinta 206 signaalit ovat chip-tasolla ja sovitetun suodattimen 206 jälkeen symbolitasolla. Signaalinkäsittelylohko 204 on toteutettu ASIC-piirien tai mikroprosessorin ja ohjelmistojen avulla. Signaalinkäsittelylohkon 204 ja sovitetun suodattimen 206 väliin voidaan esitetyssä ratkaisussa sijoittaa myös muita komponentteja.

Kuviossa 2 näytteenotto ohjausyksikön 208 ohjaamana A/D-muuntimessa 202 tapahtuu lukemalla jatkuva-aikaisen signaalin arvo tietyin väliajoin. Tämä näytteenottoväli on yleensä vakio kutakin signaalia digitoitaessa. Sig-

naalin digitoinnin jälkeen suorittaa signaalinkäsittelylohko 204 toimintoja ohjausyksikön 208 ohjaamana.

Keksinnön eräässä toteutusmuodossa signaalinkäsittelylohkossa 204 aluksi muodostetaan A/D-muuntimelta 202 saaduista signaaleista näytejoukko ja muodostetaan näytejoukon alkioden itseisarvoista itseisarvojoukko. Signaalinkäsittelylohkossa 204 järjestetään itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen, asetetaan kynnysarvo ja määritetään seuraavaksi muodostettavan vertailujoukon alkioden lukumäärä, joka vertailujoukko käsittää ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita suuruusjärjestyksessä. Lisäksi signaalinkäsittelylohkossa 204 määritellään vertailuarvo, joka vertailuarvo on itseisarvojoukon keskiarvon ja ennalta asetetun kynnysarvon tulo. Vertailuarvo on vaihtoehtoisesti itseisarvojoukon mediaanin ja ennalta asetetun kynnysarvon tulo. Seuraavaksi signaalinkäsittelylohkossa 204 suoritetaan vertailujoukon suurimman alkion arvon ja vertailuarvon keskinäinen vertaileminen, jonka jälkeen signaalinkäsittelylohko 204 suorittaa vertailujoukon alkioden lukumäärän kasvattamisen uuden vertailujoukon muodostamista varten, kun vertailujoukon suurin alkio on pienempi kuin vertailuarvo. Signaalinkäsittelylohko 204 toistaa em. toimenpiteitä siihen asti, kunnes ennalta asetettu lopetusehto täyttyy. Sen jälkeen signaalinkäsittelylohkossa 204 muodostetaan hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko poistamalla jäljelle jääneestä vertailujoukosta suurin alkio.

Koska edellä mainittu lopetusehto täyttyy, kun vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo, vastaanottimessa 200 suoritettujen toimenpiteiden saavat aikaan sen, että vastaanotetusta impulsiivisia häiriöitä käsittävästä signaalista on hyväksytty ainoastaan häiriövapaat näytteet. Ideana on siis se, että osasta itseisarvojoukon alkioista muodostettavaan vertailujoukkoon lisätään itseisarvojoukon seuraavaksi suurin alkio aina, kun vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo. Niin kauan kun vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo, voidaan olla varmoja siitä, että ko. suurin alkio on häiriövapaa. Tämä on mahdollista siksi, koska häiriöimpulsseilla on suuremmat itseisarvot kuin muilla näytteillä. Koska impulsiiviset häiriöt eivät nyt vaikuta signaalin hyvyyteen, voidaan signaalinkäsittelylohkossa 204 suorittaa hyväksytyn itseisarvojoukon ja näytejoukon perusteella esimerkiksi tarkka tehon estimointi vastaanotetulle signaalille.

Kuviossa 3 on lohkokaaavion muodossa keksinnön erään toteutusmuodon mukainen signaalinkäsittelymenetelmä. Vaiheessa 300 muodostetaan

näytejoukko vastaanotetuista signaaleista. Vastaanotettu signaali käsittää lämpökohinaa ja häiriöimpulsseja. Menetelmän tarkoituksena on siis poistaa impulsiiviset häiriöt vastaanotetusta signaalista ennen kuin vastaanotettua signaalia käsitellään edelleen. Tämä suoritetaan jakamalla vastaanotetut chip-tason näytteet haluttuun joukkoon ja häiriöjoukkoon, mikä tapahtuu kynnysarvon avulla. Haluttu hyväksytty joukko on siten se jäljelle jäänyt näytejoukko, josta häiriöt on poistettu. Kuviossa 3 vaiheessa 300 muodostettu näytejoukko oletetaan nollakeskiarvoisesti Gaussisesti jakautuneeksi, jolloin näytejonon amplitudi on Rayleigh-jakautunut. Tällainen tilanne saavutetaan usean käyttäjän DS-CDMA-järjestelmissä, jossa tehonsäätö toimii. Jos taas käyttäjiä on vähän tai tehonsäätö ei toimi, muuttujille tulee nolasta poikkeava keskiarvo, jolloin amplitudi on Rice-jakautunut.

Näytejoukon muodostamisen jälkeen vaiheessa 300, siirrytään vaiheeseen 302, jossa muodostetaan näytejoukon alkioiden itseisarvoista itseisarvojoukko. Kun haluttu joukko chip-tason näytteistä oletetaan nollakeskiarvoisen Gaussin jakauman mukaiseksi, niin silloin itseisarvojoukko, joka muodostuu halutun joukon absoluuttisista arvoista, on Rayleigh-jakautunut. Käytännössä haluttu joukko ei ole täsmälleen Gaussin jakautunut, mutta menetelmää yksinkertaistetaan tekemällä se oletus. Ns. robustien menetelmien tarkoituksena ei ole löytää säädettävän järjestelmän todellista mallia sinänsä, vaan pyritään siihen, että järjestelmä kokonaisuutena toimisi riittävän hyvin. Esimerkiksi jos näytejoukko sisältää DS-signaalin ja lämpökohinaa, niin näiden näytteiden absoluuttiset arvot ovat Rice-jakautuneita. Esitettyä menetelmää voidaan silti käyttää myös siinä tapauksessa.

Vaiheessa 304 järjestetään itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen. Seuraavaksi vaiheessa 306 asetetaan kynnysarvo, jota tarvitaan myöhemmin vertailuarvon laskemisessa. Kynnysarvo saadaan Rayleigh'n jakaumasta. Sopivan kynnysarvon valintaan vaikuttaa myöhemmässä vaiheessa 310 laskettavan vertailuarvon laskemisessa käytettävä menetelmä. Jos esimerkiksi vertailuarvon laskemisessa käytetään vaiheessa 309 muodostettavan vertailujoukon keskiarvoa ja jos halutaan, että 0.1 prosenttia näytejoukon alkioista poistetaan, on kynnysarvo edullisesti 2.97. Jos taas halutaan, että 1 prosentti näytejoukon alkioista poistetaan, on kynnysarvo 2.42. Oletus siitä, että haluttu joukko on nollakeskiarvoisesti Gaussin jakautunut, on riittävä kynnysarvon määrittämiseksi. Kynnysarvon arvo 2.97 on hyväksyttävä arvo kaikissa halutuissa Gaussin joukon varianssista riippumattomissa tapauksissa. Ei-häi-

riöisessä tapauksessa tämä erityinen kynnysarvo 2.97 aikaansaa tilanteen, jossa vain 0.1 prosenttia halutun joukon näytteistä on virheellisesti valittu impulsseiksi. Toisaalta jos vertailuarvon laskemisessa käytetään vaiheessa 309 muodostettavan vertailujoukon keskiarvon sijasta vertailujoukon mediaania ja jos halutaan, että 0.1 prosenttia näytejoukon alkioista poistetaan, on kynnysarvo edullisesti 3.16. Edelleen vertailujoukon mediaania käytettäessä ja jos halutaan, että yksi prosentti näytejoukon alkioista poistetaan, on kynnysarvo 2.58. Kynnysarvo on riippumaton oletetun Gaussin jakauman varianssista.

Kynnysarvon asettamisen jälkeen vaiheessa 306, siirytään vaiheeseen 308, jossa määritetään muodostettavan vertailujoukon alkioden lukumäärä. Vaiheessa 309 muodostetaan vertailujoukko, joka käsittää vaiheessa 308 ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita suuruusjärjestyksessä. Vaiheessa 308 määritettävä vertailujoukon alkioden lukumäärä määritellään tilanteen mukaan sopivaksi. Lukumäärä on kuitenkin yleensä ainakin kolme. Mutta esimerkiksi tilanteessa, jossa näytejoukon alkioista on 90 % impulsseja, on edullista valita vertailujoukon alkioden lukumääräksi ainakin 10 % itseisarvojoukon alkioista, jolloin vertailujoukko käsittää siis 10 % kaikista itseisarvojoukon alkioista suuruusjärjestyksessä.

Vaiheessa 310 lasketaan vertailuarvo kertomalla vertailujoukon keskiarvo tai mediaani ennalta asetetulla kynnysarvolla. Vertailuarvon laskemiseen valitaan siis joko vertailujoukon keskiarvo tai mediaani. Mediaanin valinta johtaa kuitenkin helpompaan menetelmään, sillä se on keskiarvoa yksinkertaisempi laskea, ottamalla pelkästään vertailujoukon keskimäinen arvo.

Seuraavaksi vaiheessa 312 verrataan vertailujoukon suurinta alkioita vertailuarvoon. Vaiheessa 314 tutkitaan täyttyykö tietty lopetusehto. Tämä tapahtuu esimerkiksi tutkimalla onko vertailujoukon suurin alkio suurempi kuin vertailuarvo. Jos vaiheessa 314 havaitaan, että vertailujoukon suurin alkio on pienempi kuin vertailuarvo, lopetusehto ei täyty ja siirytään vaiheeseen 316, jossa kasvatetaan vertailujoukon alkioden lukumäärää uuden vertailujoukon muodostamista varten. Kasvatettava lukumäärä on esimerkiksi yksi, jolloin vaiheessa 309 muodostettavaan uuteen vertailujoukkoon lisätään itseisarvojoukon se alkio, joka on seuraavaksi suurin vertailujoukon suurimpaan alkioon verrattuna. Vaiheesta 314 siirytään siis jälleen vaiheeseen 309, jossa muodostetaan uusi vertailujoukko vaiheessa 316 määritetyn uuteen vertailujoukkoon valittavien alkioden lukumäärän perusteella. Tämän jälkeen edetään taas vaiheittain, kunnes vaiheessa 314 vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin

vertailuarvo tai kunnes vaiheet 309, 310, 312, 314 ja 316 on toistettu peräjälkeen ennalta määrätty lukumäärä. Lopetusehto voi siten täytyä esimerkiksi silloin, kun vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo tai esimerkiksi silloin, kun vaiheita 309, 310, 312, 314 ja 316 on toistettu peräjälkeen ennalta määrätty lukumäärä. Jos vaiheessa 314 lopetusehto täyttyy eli esimerkiksi vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo, siirrytään vaiheeseen 318. Vaiheessa 318 muodostetaan hyväksytty näytejoukko poistamalla jäljelle jääneestä vertailujoukosta suurin alkio.

Vertailujoukon asettamisen jälkeen siis otetaan lisää itseisarvojoukon alkioita mukaan vertailujoukkoon siihen asti, kunnes tiettyä ennalta asetettua vertailuarvoa ei ylitetä. Menetelmä toimii hyvin, koska häiriöimpulsseilla on korkeammat itseisarvot kuin näytejoukon muilla alkioilla. Koska kynnysarvoa määritettäessä ei tarvitse tietää näytejoukon varianssia, voi näytejoukko olla myös esimerkiksi suorasekvenssisignaali (Direct Sequence signal), joka on nollakeskisarvoisen Gaussisen kohinan alla (lämpökohina). Tällainen tilanne on esimerkiksi hajaspektrijärjestelmissä, joissa signaali-kohina -suhde chip-tasolla on alle nolla desibeliä. Menetelmässä ei tarvita etukäteen mitään tietoa häiriöstä.

Kun vaiheessa 318 muodostettu hyväksytty näytejoukko on saatu aikaan, voidaan siirtyä käsittelemään aikaansaattua häiriövapaata näytejoukkoa edelleen halutulla tavalla. Esimerkiksi tarkka tehon estimointi on nyt mahdollista. Tehon estimointi on mahdollista suorittaa esimerkiksi käyttämällä ns. klassista tehoestimaattoria, jolloin tehon estimointi suoritetaan hyväksytyn näytejoukon alkioden itseisarvojen neliöiden keskiarvon perusteella käyttämällä kaavaa (1) tai hyväksytyn itseisarvojoukon alkioden neliöiden keskiarvon perusteella käyttämällä kaavaa (2):

$$P_{clas} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i|^2 \quad (1)$$

$$P_{clas} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2 \quad (2)$$

missä:

P_{clas} on teho,

N on alkioden lukumäärä,

y_i on hyväksytyn näytejoukon alkion itseisarvo,
 x_i on hyväksytyn itseisarvojoukon alkio.

- 5 Tehon estimoiminen voidaan suorittaa myös menetelmällä, joka perustuu Rayleigh'n jakaumaan, jolloin tehon estimoiminen suoritetaan kaavan (3) avulla:

$$P_{ray} = \frac{4}{\pi} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \quad (3)$$

missä P_{ray} on teho.

- 10 Edellä esitetty menetelmä sopii hyvin myös häiriönpoistoon sekä signaalin ja kohinan aliavaruuksien erottamiseen, koska menetelmän impulsisinsietokyky on hyvä. Esitettyä menetelmää voidaan myös käyttää lajittelemaan vastaanotettu signaali hyväksyttäviin ja hylättäviin näytteisiin.

- 15 Tarkastellaan seuraavaksi kuvion 4 mukaista keksinnön erään toteutusmuodon mukaista menetelmää signaalin käsittelemiseksi. Kuviossa 4 esitetyssä menetelmässä edetään aluksi kuten kuviossa 3 esitetyssä menetelmässä. Vaiheessa 400 muodostetaan näytejoukko vastaanotetuista signaaleista. Seuraavaksi vaiheessa 402 muodostetaan itseisarvojoukko näytejoukon alkioden itseisarvoista. Edelleen vaiheessa 404 järjestetään itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen, vaiheessa 406 asetetaan kynnysarvo ja vaiheessa 408 määritetään muodostettavan vertailujoukon alkioden lukumäärä. Vaiheessa 409 muodostetaan vertailujoukko, joka käsittää vaiheessa 408 ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita suuruusjärjestyksessä. Kuvion 409 esimerkissä muodostettavassa vertailujoukossa on pariton lukumäärä alkioita.

- 25 Seuraavaksi edetään vaiheeseen 410, jossa lasketaan vertailuarvo kertomalla ennalta asetettu kynnysarvo vertailujoukon keskimmaisella alkioilla eli vertailujoukon mediaanilla. Edelleen vaiheessa 412 verrataan vertailujoukon suurinta alkioita vaiheessa 410 laskettuun vertailuarvoon ja vaiheessa 414 tutkitaan täyttyykö lopetusehto. Vaiheessa 414 lopetusehto täyttyy, mikäli vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo. Jos lopetusehto ei täyty eli vertailujoukon suurin alkio ei ole suurempi kuin vertailuarvo, siirrytään vaiheeseen 416, jossa kasvatetaan vertailujoukon alkioden lukumäärää uuden vertailujoukon muodostamista varten. Sen jälkeen vaiheesta 416 siirrytään jälleen

vaiheeseen 409, jossa muodostetaan uusi vertailujoukko vaiheessa 416 määritetyn uuden vertailujoukkoon valittavien alkioden lukumäärän perusteella. Vaiheessa 416 kasvatettava vertailujoukon alkioden lukumäärä on ainakin kaksi tai parillinen luku, jotta muodostettavan vertailujoukon alkioden lukumäärä säilyisi edelleen parittomana. Vaiheen 409 jälkeen edetään taas vaiheittain, kunnes vaiheessa 414 lopetusehto täyttyy.

Kun vaiheessa 414 vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo, siirrytään vaiheeseen 417, jossa muodostetaan hyväksytty itseisarvojoukko poistamalla jäljelle jääneestä vertailujoukosta suurin alkio. Seuraavaksi vaiheessa 418 muodostetaan toinen vertailuarvo kertomalla kynnysarvo hyväksytyn itseisarvojoukon keskimmäisen ja sitä edellisen alkion keskiarvolla. Vaiheessa 420 verrataan hyväksytyn itseisarvojoukon suurinta alkioa toiseen vertailuarvoon eli tutkitaan onko hyväksytyn itseisarvojoukon suurin alkio suurempi kuin toinen vertailuarvo. Jos vaiheessa 420 havaitaan, että hyväksytyn itseisarvojoukon suurin alkio on suurempi kuin toinen vertailuarvo, siirrytään vaiheeseen 422, jossa poistetaan hyväksytystä itseisarvojoukosta suurin alkio. Vaiheesta 422 voidaan siirtyä vaiheeseen 424, jossa hyväksytään jäljelle jäänyt itseisarvojoukko. Mikäli vaiheessa 420 havaitaan, että hyväksytyn itseisarvojoukon suurin alkio ei ole suurempi kuin toinen vertailuarvo, siirrytään vaiheeseen 424, jossa jätetään jäljelle hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko.

Kuviossa 5 on esitetty eräs keksinnön ns. adaptiivinen sovellusmuoto. Kuvion 5 menetelmässä määritellään alkuparametreja, jotka saadaan esimerkiksi suorittamalla kuviossa 3 esitetty menetelmä kerran läpi. Siten kuviossa 5 esitetyt vaiheet voidaan suorittaa esimerkiksi kuviossa 3 esitettyjen vaiheiden jälkeen. Vaiheissa 500 ja 502 lasketaan kyseiset alkuparametrit S ja P. Vaiheessa 500 laskettava S saadaan laskemalla esimerkiksi kuvion 3 menetelmässä saadun hyväksytyn itseisarvojoukon alkioden summa. Vaihtoehtoisesti voidaan S:lle myös määritellä tietty arvo. Vaiheessa 502 lasketaan P, joka on hyväksytyn itseisarvojoukon alkioden lukumäärä. Myös P:lle voidaan vaihtoehtoisesti määritellä jokin sopiva arvo.

Kuvion 5 vaiheessa 504 vastaanotetaan seuraava näytealkio. Vaiheessa 506 muodostetaan kolmas vertailuarvo kertomalla ennalta asetettu kynnysarvo S:n ja P:n osamäärällä. Vaiheessa 508 asetetaan unohdusparametri. Unohdusparametria eli eksponentiaalista painotustekijää käytetään rekursiivisissa pienimmän neliösumman algoritmeissa, joissa lasketaan pienim-

män neliösumman virhevektoreita käyttämällä kaikkia edellisiä näytteitä hyväksi. Jos kauan sitten saadulle näytealkiolle annetaan sama paino kuin juuri vastaanotetulle näytealkiolle, on mahdollista että huonot näytealkiot menneisyydestä vaikuttavat nykyiseen ratkaisuun. Unohdusparametrin avulla voidaan

5 määrittää, kuinka algoritmit käsittelevät vanhoja näytteitä eli miten vanhojen ja uusien näytteiden arvoja painotetaan. Unohdusparametrin arvo on nollan ja yhden välillä. Jos unohdusparametriksi asetetaan esimerkiksi yksi, se ei vaikuta näytealkioiden arvoihin. Yleensä unohdusparametrin arvo asetetaan 0.9 ja yhden välille.

10 Vaiheessa 510 verrataan näytealkion itseisarvoa kolmanteen vertailuarvoon. Vaiheessa 512 tutkitaan onko näytealkion itseisarvo pienempi kuin kolmas vertailuarvo. Mikäli näytealkion itseisarvo ei ole pienempi kuin kolmas vertailuarvo, siirrytään vaiheeseen 516, missä näytealkiota käsitellään poikkeavana näytteenä eli häiriöimpulssina. Vaiheessa 516 esimerkiksi asetetaan

15 poikkeava näyte nollassi. Vaiheesta 516 siirrytään jälleen vaiheeseen 504 vastaanottamaan seuraavaa näytealkiota, jonka jälkeen edetään taas vaiheittain. Jos taas vaiheessa 512 näytealkion itseisarvo on pienempi kuin kolmas vertailuarvo, siirrytään vaiheeseen 514, jossa päivitetään S:n ja P:n arvot. Vaiheessa 514 S:n ja P:n arvot päivitetään laskemalla uudet S:n ja P:n arvot unohdusparametrin avulla. Uusi S:n arvo lasketaan kertomalla unohdusparametri S:llä ja lisäämällä näytealkion arvo. Uusi P:n arvo lasketaan kertomalla unohdusparametri P:llä ja lisäämällä luku yksi. Unohdusparametrin tarkoituksena on antaa menetelmän konvergoida optimaalista vertailuarvoa kohti, kun vastaanotettujen näytteiden statistiikka muuttuu. Jos näytealkion itseisarvo on suurempi kuin

20 vertailuarvo eli näytealkio on impulssi, parametreja S ja P ei silloin päivitetä. Vaiheen 514 jälkeen siirrytään taas vaiheeseen 504 vastaanottamaan seuraavaa näytealkiota, jonka jälkeen toistetaan vaiheita 504 - 516 haluttu lukumäärä tai kunnes näytealkiot loppuvat. Haluttu lukumäärä vaiheiden 504 - 516 toistamiseksi on esimerkiksi yksi tai useampia.

30 Edellä esitetyn ns. adaptiivisen menetelmän avulla voidaan esimerkiksi häiriönpoisto aloittaa aina tarvittaessa tietämättä vastaanotetun signaalin häiriötasosta etukäteen mitään. Adaptiivinen menetelmä myös toimii hyvin, vaikka signaali-kohina -taso muuttuisi kesken signaalin vastaanottamisen. Koska adaptiivisessa menetelmässä käsitellään vain yksi näytealkio kerrallaan,

35 on myös menetelmän viivetaso pieni.

Edellä esitetyt keksinnön toteutusmuodot toimivat hyvin korkealla impulssihäiriön frekvenssillä, esimerkiksi frekvenssin arvolla 0.5. Esitetyt menetelmät toimivat sitä paremmin mitä pienempi on impulssihäiriön frekvenssi. Menetelmät toimivat myös häiriöttömässä tilanteessa. Esitetyt menetelmät toimivat sitä paremmin mitä pienempi frekvenssisestä impulssi-kohinasta on kyse riippumatta impulssikohinan tehosta. Siten menetelmillä saadaan poistettua myös pienifrekvenssinen häiriö. Menetelmät toimivat vaikka jopa 80 - 90 prosenttia näytteistä olisi häiriöimpulsseja.

10 Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä signaalin käsittelemiseksi tietoliikennejärjestelmässä, jossa menetelmässä muodostetaan (300) näytejoukko vastaanotetuista signaaleista ja muodostetaan (302) itseisarvojoukko näytejoukon alkioden itseisarvoista, **t u n n e t t u** siitä, että menetelmässä:
 - A järjestetään (304) itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen;
 - B asetetaan (306) kynnysarvo;
 - C määritetään (308) muodostettavan vertailujoukon alkioden lukumäärä;
 - D muodostetaan (309) vertailujoukko, joka käsittää ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita nousevassa järjestyksessä;
 - E lasketaan (310) vertailuarvo kertomalla vertailujoukon keskiarvo tai mediaani kynnysarvolla;
 - F verrataan (312) vertailujoukon suurinta alkioita vertailuarvoon;
 - G kasvatetaan (316) vertailujoukon alkioden lukumäärää uuden vertailujoukon muodostamista varten, kun vertailujoukon suurin alkio on pienempi kuin vertailuarvo;
 - H toistetaan (309, 310, 312, 314, 316) edellisiä vaiheita D – G, kunnes ennalta asetettu lopetusehto täyttyy;
 - I muodostetaan (318) hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko poistamalla vertailujoukosta suurin alkio, kun ennalta asetettu lopetusehto täyttyy.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **t u n n e t t u** siitä, että asetetaan kynnysarvo Rayleigh'n jakauman perusteella.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **t u n n e t t u** siitä, että lopetusehto täyttyy, kun vertailujoukon suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo.
4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **t u n n e t t u** siitä, että estimoidaan vastaanotetun signaalin teho hyväksytyn näytejoukon alkioden itseisarvojen neliöiden keskiarvon perusteella.
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **t u n n e t t u** siitä, että estimoidaan vastaanotetun signaalin teho Rayleigh'n jakauma –menetelmällä hyväksytyn näytejoukon perusteella.
6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **t u n n e t t u** siitä, että menetelmää käytetään vastaanotetun signaalin häiriön poistamiseen.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmää käytetään vastaanotetun signaalin signaali-kohina -aliavaruuksien erottamiseen.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmää käytetään vastaanotetun signaalin jakamiseen hyväksyttäviin ja hylättäviin näytteisiin.

9. Patenttivaatimuksen 1 ja 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että:

vertailujoukon alkioita on pariton lukumäärä;

10 muodostetaan (418) toinen vertailuarvo kertomalla kynnysarvo hyväksytyn itseisarvojoukon keskimmäisen ja sitä edellisen alkion keskiarvolla; verrataan (420) hyväksytyn itseisarvojoukon suurinta alkioa toiseen vertailuarvoon;

15 poistetaan (422) hyväksytystä itseisarvojoukosta suurin alkio, kun hyväksytyn itseisarvojoukon suurin alkio on suurempi kuin toinen vertailuarvo; jätetään (424) jäljelle hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko, kun hyväksytyn itseisarvojoukon suurin alkio on pienempi kuin toinen vertailuarvo.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että:

J lasketaan (500) hyväksytyn itseisarvojoukon alkioden summa S;
K lasketaan (502) hyväksytyn itseisarvojoukon alkioden lukumäärä

P;

L vastaanotetaan (504) seuraava näytealkio;

25 M muodostetaan (506) kolmas vertailuarvo kertomalla kynnysarvo S:n ja P:n osamäärällä;

N asetetaan (508) unohdusparametri;

O verrataan (510) mainitun näytealkion itseisarvoa kolmanteen vertailuarvoon;

30 P lasketaan (514) uusi S:n arvo kertomalla unohdusparametri S:llä ja lisäämällä näytealkion arvo, kun näytealkion itseisarvo on pienempi kuin kolmas vertailuarvo;

Q lasketaan (514) uusi P:n arvo kertomalla unohdusparametri P:llä ja lisäämällä luku yksi, kun näytealkion itseisarvo on pienempi kuin kolmas ver-

35 tailuarvo;

R käsitellään (516) näytealkiota poikkeavana näytteenä, kun näytealkion itseisarvo on suurempi kuin kolmas vertailuarvo;

S toistetaan (504, 506, 508, 510, 512, 516) edellisiä vaiheita L - R haluttu lukumäärä tai kunnes näytealkiot loppuvat.

5 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että asetetaan poikkeavana näytteenä käsiteltävä näytealkio nolaksi.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että unohdusparametri on nollan ja yhden välillä olevä arvo.

10 13. Vastaanotin (200), joka käsittää välineet (201, 202, 208) muodostaa näytejoukko vastaanotetuista signaaleista ja välineet (204, 208) muodostaa itseisarvojoukko näytejoukon alkioden itseisarvoista, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää välineet (204, 208):

A järjestää itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen;

B asettaa kynnsarvo;

15 C määrittää muodostettavan vertailujoukon alkioden lukumäärä;

D muodostaa vertailujoukko, joka käsittää ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita suuruusjärjestyksessä;

E laskea vertailuarvo kertomalla vertailujoukon keskiarvo tai mediaani kynnsarvolla;

20 F verrata vertailujoukon suurinta alkioita vertailuarvoon;

G kasvattaa vertailujoukon alkioden lukumäärää uuden vertailujoukon muodostamista varten, kun vertailujoukon suurin alkio on pienempi kuin vertailuarvo;

25 H toistaa edellisiä vaiheita D - G, kunnes ennalta asetettu lopetusehto täyttyy;

I muodostaa hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko poistamalla vertailujoukosta suurin alkio, kun ennalta asetettu lopetusehto täyttyy.

30 14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää välineet (204, 208) asettaa kynnsarvo Rayleigh'n jakauman perusteella.

15. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää välineet (204, 208) havaita, että suurin alkio on suurempi kuin vertailuarvo ja merkitä lopetusehto täyttyneeksi.

35 16. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää välineet (204, 208) estimoida vastaanotetun sig-

naalin teho hyväksytyn näytejoukon alkioden itseisarvojen neliöiden keskiarvon perusteella.

17. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää välineet (204, 208) estimoida vastaanotetun signaalin teho Rayleigh'n jakauma –menetelmällä hyväksytyn näytejoukon perusteella.

18. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin on sovitettu poistamaan vastaanotetun signaalin häiriötä.

19. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin on sovitettu erottamaan vastaanotetun signaalin signaali-kohina –aliavaruuksia.

20. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin on sovitettu jakamaan vastaanotettu signaali hyväksyttäviin ja hylättäviin näytteisiin.

21. Patenttivaatimuksen 13 ja 15 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vertailujoukon alkioita on pariton lukumäärä ja että vastaanotin käsittää välineet (204, 208):

muodostaa toinen vertailuarvo kertomalla kynnysarvo hyväksytyn itseisarvojoukon keskimmäisen ja sitä edellisen alkion keskiarvolla;

20 verrata hyväksytyn itseisarvojoukon suurinta alkioita toiseen vertailuarvoon;

poistaa hyväksytystä itseisarvojoukosta suurin alkio, kun hyväksytyn itseisarvojoukon suurin alkio on suurempi kuin toinen vertailuarvo;

25 jättää jäljelle hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko, kun hyväksytyn itseisarvojoukon suurin alkio on pienempi kuin toinen vertailuarvo.

22. Patenttivaatimuksen 13 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää välineet (204, 208):

30 J laskea hyväksytyn itseisarvojoukon alkioden summa S;

K laskea hyväksytyn itseisarvojoukon alkioden lukumäärä P;

L vastaanottaa seuraava näytealkio;

M muodostaa kolmas vertailuarvo kertomalla kynnysarvo S:n ja P:n osamäärällä;

N asettaa unohdusparametri;

35 O verrata mainitun näytealkion itseisarvoa kolmanteen vertailuarvoon;

P laskea uusi S:n arvo kertomalla unohdusparametri S:llä ja lisäämällä näytteen arvo, kun näytteen itseisarvo on pienempi kuin kolmas vertailuarvo;

5 Q laskea uusi P:n arvo kertomalla unohdusparametri P:llä ja lisäämällä luku yksi, kun näytealkion itseisarvo on pienempi kuin kolmas vertailuarvo;

R käsitellä näytealkiota poikkeavana näytteenä, kun näytealkion itseisarvo on suurempi kuin kolmas vertailuarvo;

10 S toistaa edellisiä vaiheita L - R haluttu lukumäärä tai kunnes näytealkiot loppuvat.

23. Patenttivaatimuksen 22 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin on sovitettu asettamaan poikkeavana näytteenä käsiteltävä näytealkio nolllaksi.

15 24. Patenttivaatimuksen 22 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin on sovitettu asettamaan unohdusparametrin arvo nollan ja yhden välille.

(57) Tiivistelmä

Keksinnössä on kuvattu menetelmä tehon estimoimiseksi tietoliikennejärjestelmässä, jossa menetelmässä muodostetaan (300) näytejoukko vastaanotetuista signaaleista ja muodostetaan (302) itseisarvojoukko näytejoukon alkioiden itseisarvoista. Esitetyssä menetelmässä A järjestetään (304) itseisarvojoukon alkiot nousevaan järjestykseen; B asetetaan (306) kynnysarvo; C määritetään (308) muodostettavan vertailujoukon alkioiden lukumäärä; D muodostetaan (309) vertailujoukko, joka käsittää ennalta määritetyn lukumäärän itseisarvojoukon alkioita nousevassa järjestyksessä; E lasketaan (310) vertailuarvo kertomalla vertailujoukon keskiarvo tai mediaani kynnysarvolla; F verrataan (312) vertailujoukon suurinta alkioita vertailuarvoon; G kasvatetaan (316) itseisarvojoukon alkioiden lukumäärää uuden vertailujoukon muodostamista varten, kun vertailujoukon suurin alkio on pienempi kuin vertailuarvo; H toistetaan (309, 310, 312, 314, 316) edellisiä vaiheita D - G, kunnes ennalta asetettu lopetusehto täyttyy ja I muodostetaan (318) hyväksytty itseisarvojoukko ja sitä vastaava hyväksytty näytejoukko poistamalla jäljelle jääneestä vertailujoukosta suurin alkio, kun ennalta asetettu lopetusehto täyttyy.

(Kuvio 3)

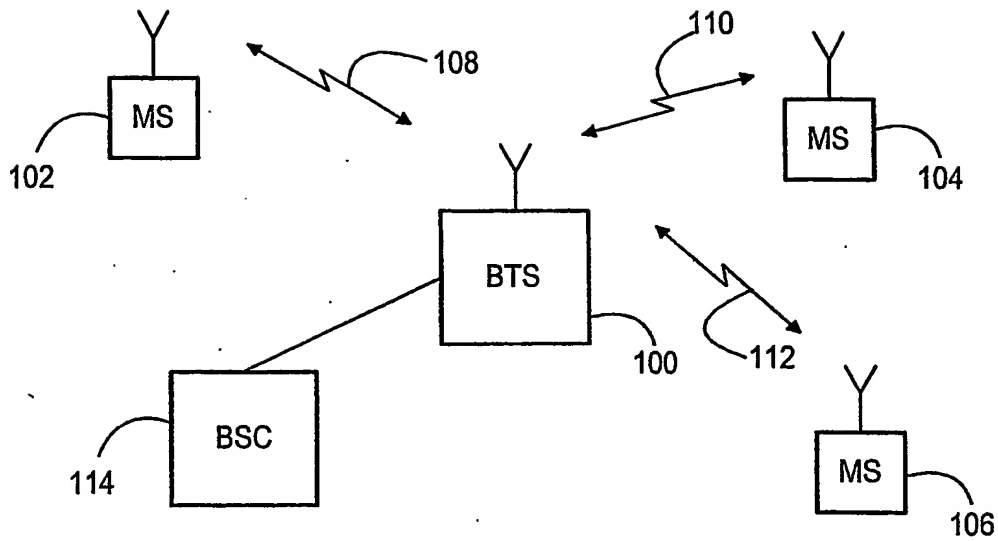


Fig. 1

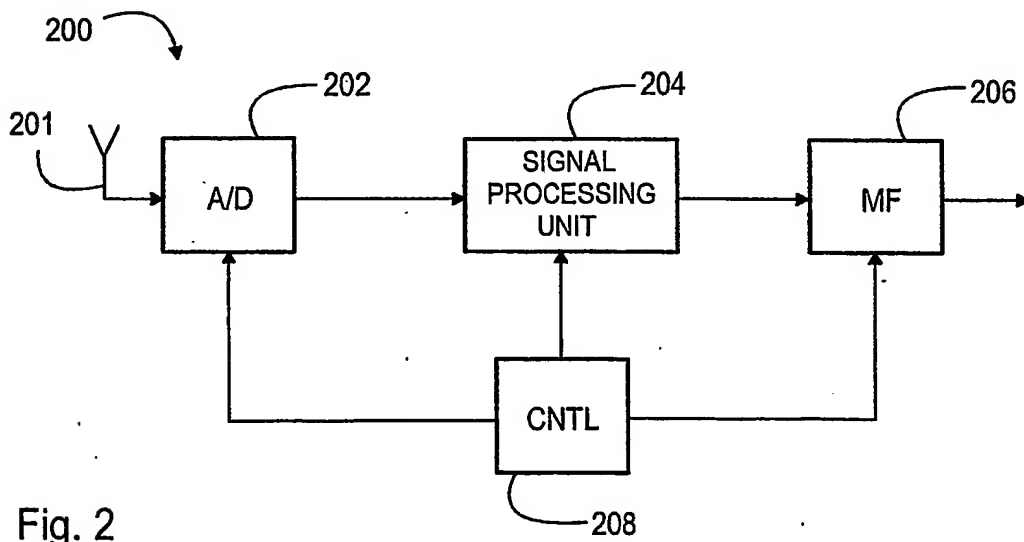


Fig. 2

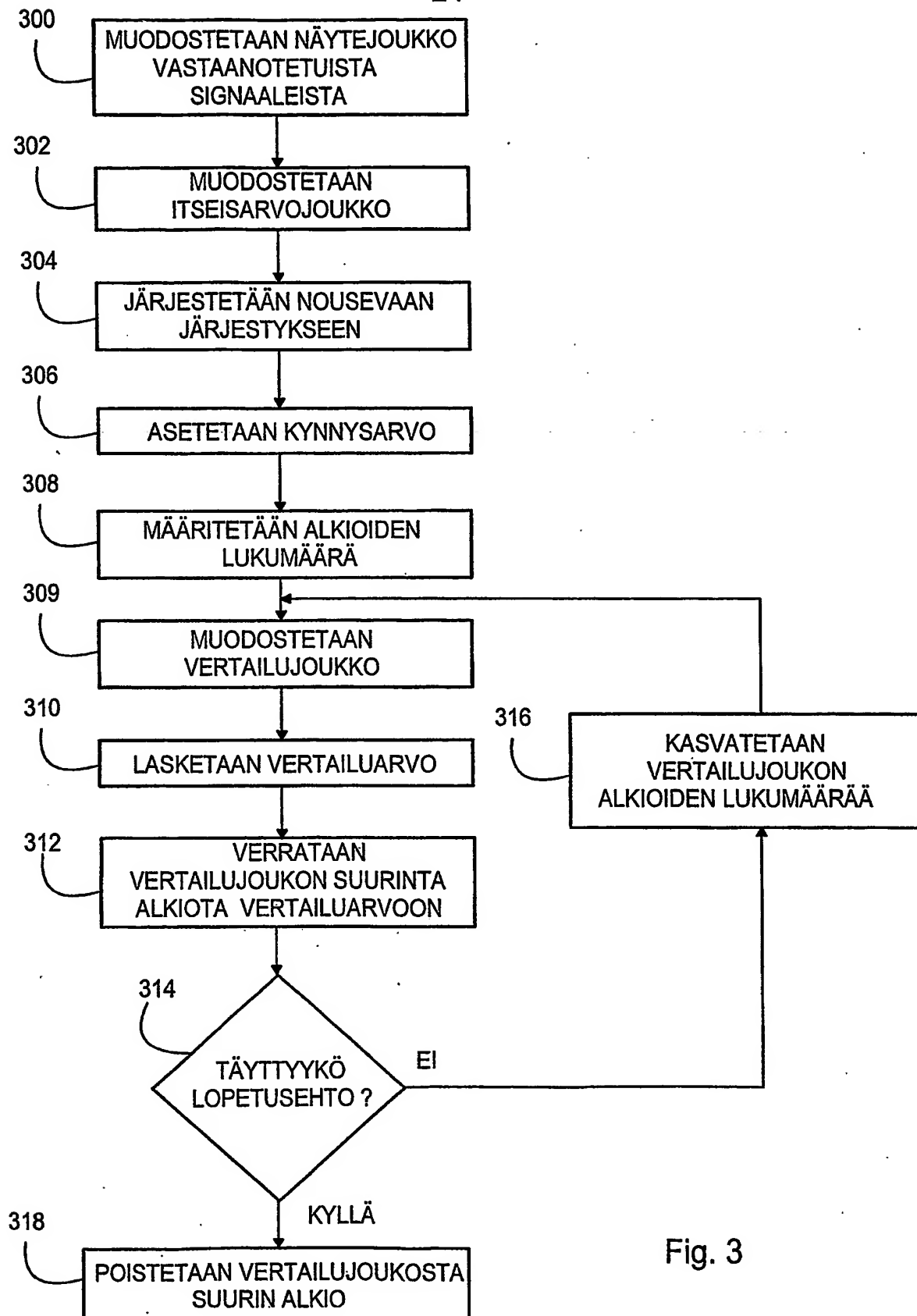
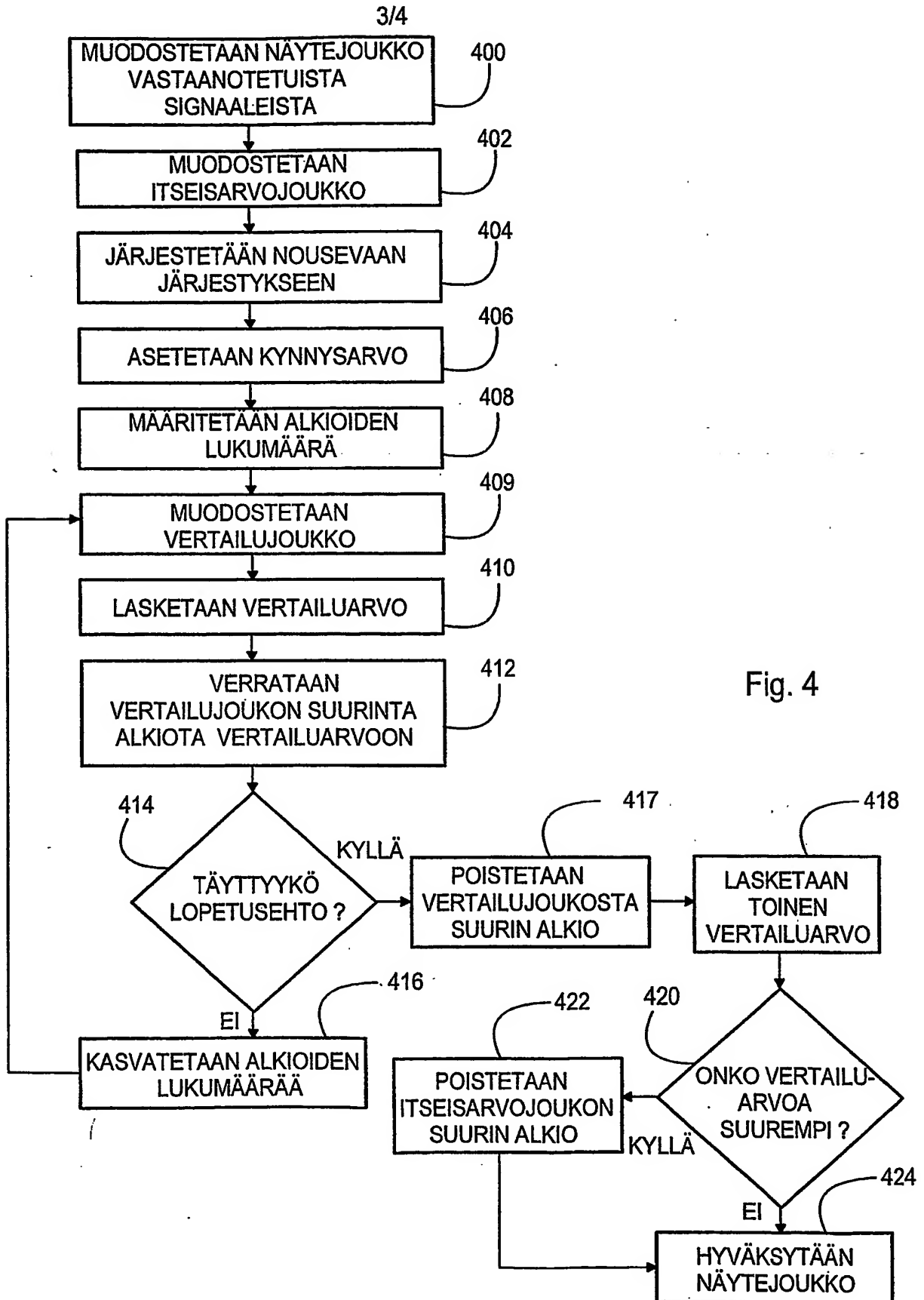


Fig. 3



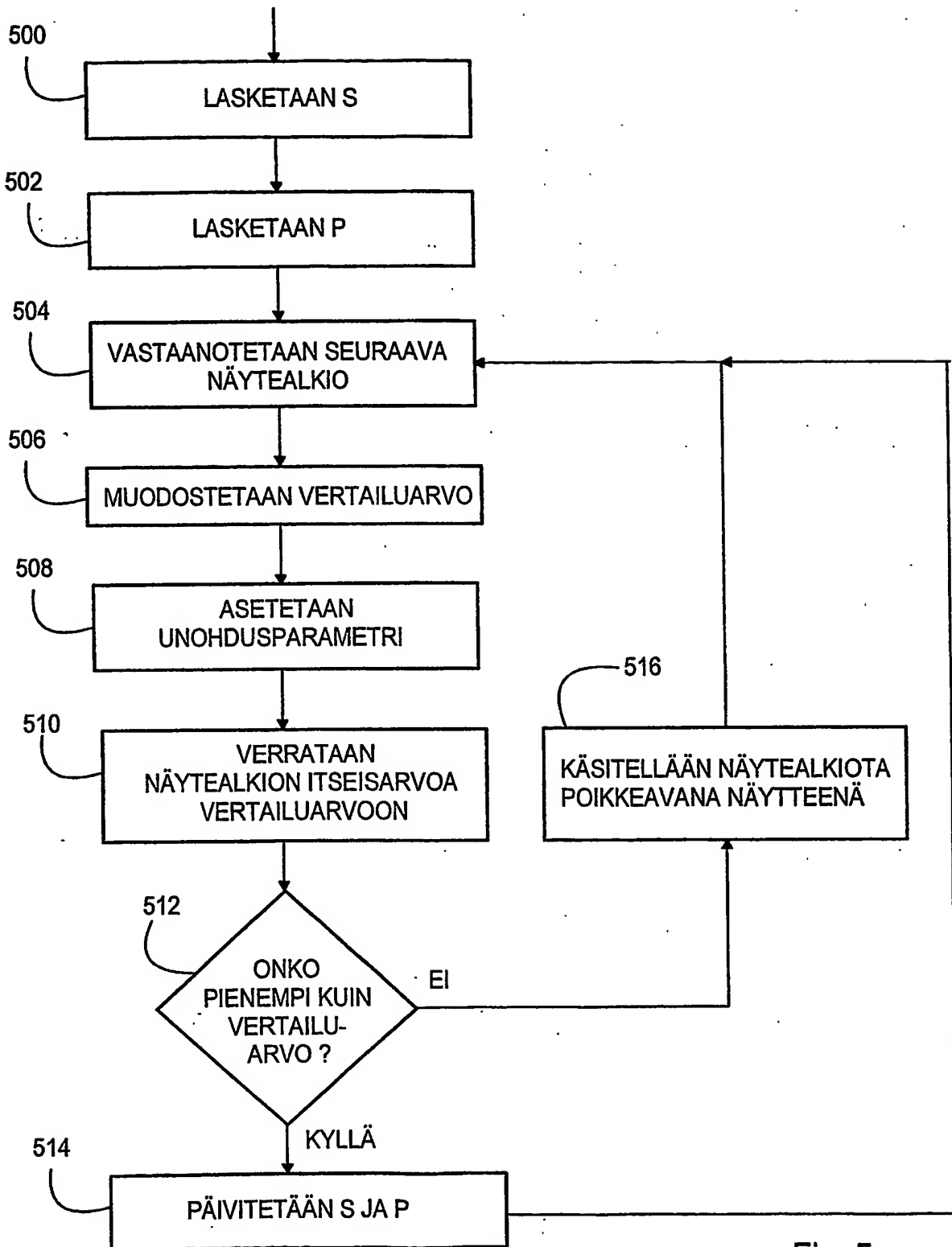


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.